

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 16 454 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
F 03 D 9/00
F 16 H 1/28

②1 Aktenzeichen: 199 16 454.1
②2 Anmeldetag: 12. 4. 1999
④3 Offenlegungstag: 19. 10. 2000

DE 199 16 454 A 1

⑦1 Anmelder:
A. Friedr. Flender AG, 46395 Bocholt, DE

⑦4 Vertreter:
Radünz, I., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 40237 Düsseldorf

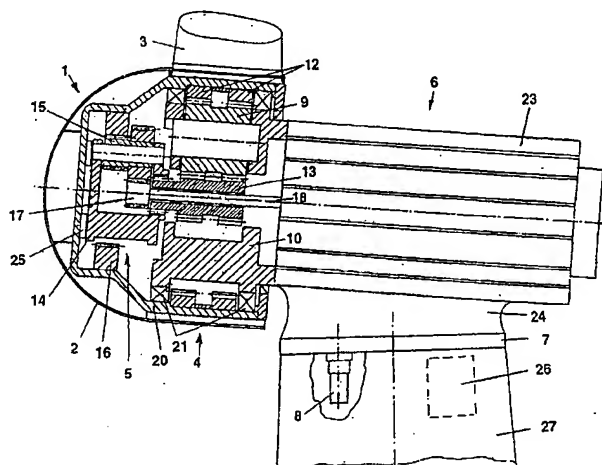
⑦2 Erfinder:
Schoo, Alfred, Dr., 46397 Bocholt, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
EP 08 11 764 A1
EP 06 35 639 A1
WO 96 11 338 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Getriebe für eine Windkraftanlage

⑤7 Ein Getriebe für eine Windkraftanlage, die einen Rotorblätter (3) tragenden Rotor (1) und einen Generator (6) umfaßt und über ein Azimutlager (7) auf einen Turm (27) aufgesetzt ist, ist als zweistufiges Planetengetriebe mit einer Antriebsstufe (4) und einer Abtriebsstufe (5) ausgebildet. Die Antriebsstufe (4) des Planetengetriebes ist direkt mit dem Rotor (1) verbunden und mit einer Doppelschrägverzahnung versehen. Die Abtriebsstufe (5) ist mit schrägverzahnten Stufenplaneten ausgeführt.



DE 199 16 454 A 1

1-3

Die Erfindung betrifft ein Getriebe für eine Windkraftanlage mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1.

Moderne Windkraftanlagen werden immer stärker von ökologischen und ökonomischen Zwängen beeinflusst. Die Ökonomie verlangt, daß moderne Windkraftanlagen mit herkömmlicher Energiegewinnung, z. B. durch fossile Kraftwerke oder Nuklearkraftwerke konkurrieren können. Das setzt Hochleistungsanlagen mit geringem Leistungsgewicht in kompakter Bauform voraus. Aus Belastungs- und Umweltgründen (Geräuschemission) sind die dynamischen Belastungen zu reduzieren. Die Aufstellungsorte sollten möglichst kontinuierliche und starke Windverhältnisse garantieren und dünn besiedelt sein. Eine Alternative bieten Offshore-Anlagen, die wiederum aufgrund der hohen Installationsaufwendungen noch leistungsfähigere, kompaktere und leichtere Anlagen verlangen.

Der Antriebsstrang bekannter Windkraftanlagen (EP-OS 635 639) setzt sich zusammen aus dem Rotorblättern mit der Rotornabe, der Rotorwelle mit der Rotorlagerung, einem mehrstufigen Planeten-Stirnradgetriebe, einer Kuppelung und einem Generator. Die Rotorblätter sind mit der Rotornabe verbunden und treiben die Rotorwelle an. Diese ist in einem großen Wälzlager aufgenommen, das über einen Maschinenrahmen mit dem Azimutlager verbunden ist. Auf diese Weise werden die am Rotor angreifenden Windkräfte in den Turm eingeleitet. Diese Lagerung erfordert einen Wellenabschnitt zwischen dem Rotor und dem Getriebe. Das zweite Rotorwellenlager wird von dem Getriebe gebildet, dessen Antriebs-hohlwelle über eine Schrumpfscheibe mit der Rotorwelle verbunden ist. Das Getriebe stützt sich über eine doppelarmige Drehmomentstütze ebenfalls an dem Maschinenrahmen ab. Diese bekannte Windkraftanlage beansprucht verhältnismäßig viel Raum und ist dadurch in der Leistungsfähigkeit beschränkt.

Aus der EP-OS 811 764 ist eine Windkraftanlage bekannt, bei der der Rotor direkt an dem Planetenträger eines einstufigen Planetengetriebes angebaut ist. Dieses Getriebe und der Generator sind an einem gemeinsamen Maschinenrahmen montiert.

In der WO 96/11338 ist ein zweistufiges Planetengetriebe mit zwei einfach verzahnten Planetenstufen für eine Windkraftanlage beschrieben. Der Rotor ist direkt an dem Planetenträger angebaut und die Lagerung des Rotors erfolgt im Getriebegehäuse. Die weitere Anbindung des Getriebes an die Windkraftanlage ist nicht beschrieben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Konzept für eine Windkraftanlage zu entwickeln, das kompakter baut und damit für höhere Leistungen in einem Bereich von etwa 2,5–5 MW bei nur geringfügig schwerer und aufwendigerer Bauweise geeignet ist.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Getriebe für eine Windkraftanlage erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhaft Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Durch die direkte Verbindung der Rotornabe mit der Antriebsstufe des zweistufigen Planetengetriebes wird eine kompakte Bauweise erreicht. Eine besonders kompakte Bauweise wird möglich, wenn die Rotornabe mit dem Getriebegehäuse verbunden wird, weil in diesem Fall das gesamte Getriebe in der Rotornabe untergebracht werden kann. Durch die Doppelschrägverzahnung der Antriebsstufe und die schrägverzahnten Stufenplaneten der Abtriebsstufe sind auf kleinerem Raum höhere Übersetzungen zu erzielen. Bei dem erfindungsgemäßen Getriebe kann weiterhin auf ei-

nen Maschinenrahmen verzichtet und das Gehäuse des Getriebes oder des Generators direkt mit dem Azimutlager verbunden werden.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den Längsschnitt durch eine Windkraftanlage und **Fig. 2** den Längsschnitt durch eine andere Windkraftanlage.

Die dargestellte Windkraftanlage umfaßt einen Rotor 1 mit mehreren in einer Rotornabe 2 gehaltenen Rotorblättern 3. Der Rotor 1 ist über ein zweistufiges, aus Antriebsstufe 4 und Abtriebsstufe 5 bestehendes Planetengetriebe mit einem Generator 6 verbunden. Die Windkraftanlage ist über ein Azimutlager 7 auf einen Turm 27 aufgesetzt und wird mit Hilfe eines Azimutantriebes 8 dem Wind nachgeführt.

Die Antriebsstufe 4 des Planetengetriebes ist als doppelschrägverzahnte Planetenstufe ausführt und enthält je nach Belastung drei oder vier Planetenräder 9, die gleichmäßig am Umfang eines Planetenträgers 10 verteilt angeordnet sind. Die Lager 11 der Planetenräder 9 können wahlweise als Wälzlager oder als Gleitlager ausgebildet sein. Die Planetenräder 9 greifen in ein Hohlrad 12 und ein Sonnenrad 13 ein. Planetenräder 9, Hohlrad 12 und Sonnenrad 13 der Antriebsstufe 4 sind mit einer Doppelschrägverzahnung versehen.

Das Sonnenrad 13 der Antriebsstufe 4 ist mit dem Planetenträger 14 der Abtriebsstufe 5 verbunden. Diese Verbindung ist drehfest, aber längsbeweglich, um eine gleichmäßige Lastverteilung sicherzustellen. Damit auch die Abtriebsstufe 5 eine optimale Lastverteilung aufweist, ist hier der Planetenträger 14 einstellbeweglich gelagert und wird lediglich von den Verzahnungskraften gehalten.

In dem Planetenträger 14 der Abtriebsstufe 5 sind in Wälz- oder Gleitlagern mehrere Planetenräder 15 gelagert. Um höhere Übersetzungen zu realisieren, sind diese Planetenräder 15 als Stufenplaneten ausgebildet, wobei eine Stufe mit dem Hohlrad 16 und die andere Stufe mit dem Sonnenrad 17 der Abtriebsstufe 5 in Eingriff steht.

Die Welle 18 des Sonnenrades 19 der Abtriebsstufe 5 bildet mit der Welle 19 des schnellaufenden Generators 6 eine Einheit. Alternativ ist es möglich, die Verzahnung für das Sonnenrad 17 direkt in die Welle 19 des Generators 6 einzuschneiden oder aber das Sonnenrad 17 als Steckritzel einzupressen.

Die Hohlräder 12, 16 der Antriebsstufe 4 und der Abtriebsstufe 5 bilden mit dem Getriebegehäuse 20 eine Einheit, wobei die Hohlräder 12, 16 eingeschraubt werden. Es ist aber auch möglich, die Hohlräder 12, 16 und das Getriebegehäuse 20 aus demselben Werkstück herzustellen.

Gemäß **Fig. 1** ist die Rotornabe 2 direkt mit dem Planetenträger 10 der Antriebsstufe 4, z. B. durch Verschrauben verbunden. Der Planetenträger 10 ist in zwei großen Wälzlagern 21, die gleichzeitig auch der Lagerung des Rotors 1 dienen, im Getriebegehäuse 20 fixiert. Der Planetenträger 10 überträgt somit die gesamten, an den Rotorblättern 3 angreifenden Windkräfte in das Getriebegehäuse 20. Das Getriebegehäuse 20 wiederum ist mit einem Fuß 22 so ausgebildet, daß es direkt am Azimutlager 7 angeschraubt werden und so die Kräfte in den Turm 27 überleiten kann. Das Gehäuse 23 des Generators 6 ist direkt an das Getriebegehäuse 20 angeflanscht.

Gemäß **Fig. 2** ist das Planetengetriebe komplett in der Rotornabe 2 plziert. Das Getriebegehäuse 20 ist mit der Rotornabe 2 verbunden und nimmt somit die Antriebsdrehzahl auf. Sowohl die beiden Hohlräder 12 der doppelschrägverzahnten Antriebsstufe 4 als auch das einzelschrägverzahnte Hohlrad 16 der Abtriebsstufe 5 sind in dem sich dre-

henden Getriebegehäuse 20 plziert und stellen die Koppe-
lung dar. Die Antriebsstufe 4 ist als Standgetriebe ausge-
führt, wobei deren Planetenträger 14 stillsteht und fest mit
dem Gehäuse 23 des Generators 6 verbunden ist. Der Plane-
tenträger 10 der Antriebsstufe 4 nimmt auch die beiden gro-
ßen Wälzlager 21 auf, die das Getriebegehäuse 20 und damit
auch die Rotornabe 2 tragen. Über diese beiden großen
Wälzlager 21 werden die gesamten, an den Rotorblättern 3
angreifenden Windkräfte auf das Gehäuse 23 des Generators
6 übertragen. Das Gehäuse 23 des Generators 6 selbst ist
wiederum mit einem Fuß 24 ausgebildet, der an das Azimut-
lager 7 angeschraubt wird, so daß die Kräfte direkt in den
Turm 27 der Windkraftanlage eingeleitet werden können.

Um den Planetenträger 10 der Antriebsstufe 4 mit dem
Gehäuse 23 des Generators 6 direkt verschrauben zu könn-
en, muß die Antriebsstufe 4 zwischen dem Generator 6 und
der Abtriebsstufe 5 plziert werden. Somit ist es auch erfor-
derlich, die Welle 18 des Sonnenrades 17 der Abtriebsstufe
5 durch das Sonnenrad 13 der Antriebsstufe 4 zu führen.

Da bei dem Getriebe gemäß Fig. 2 das bei herkömmli-
chen Windkraftanlagen genutzte freie Wellenende zwischen
Getriebe und Generator 6 zum Anbau einer Scheibenbremse
nicht mehr verfügbar ist, wird eine naßlaufende Bremse 25
in dem Getriebegehäuse 20 installiert. Bei einer Betätigung
der Bremse 25 blockiert der Planetenträger 14 der Abtriebs-
stufe 5 drehfest mit dem Getriebegehäuse 20.

Der Generator 6 kann aus Gründen höherer Leistung öl-
gekühlt sein, wobei vorteilhafterweise dieser Ölkreislauf
mit dem Ölkreislauf des Getriebes verbunden wird. Um das
Maschinengehäuse kompakt zu halten bzw. darauf komplett
zu verzichten, werden die Aggregate wie Schmieranlage 26,
Schaltschrank und Azimutantrieb 8, im oberen Bereich des
Turmes 27 angeordnet.

des Generators (6) verbunden und mit einem Fuß (22)
versehen ist, der mit dem Azimutlager (7) verbunden
ist.

7. Getriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
gekennzeichnet, daß das Getriebegehäuse (20) mit der
Rotornabe (2) verbunden ist.

8. Getriebe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,
daß die Welle (18) des Sonnenrades (17) der Abtriebs-
stufe (5) durch das Sonnenrad (13) der Antriebsstufe
(4) hindurchgeführt ist.

9. Getriebe nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Planetenträger (10) der Antriebsstufe
(4) mit dem Gehäuse (23) des Generators (6) verbun-
den ist.

10. Getriebe nach einem der Ansprüche 7 bis 9, da-
durch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (23) des Gene-
rators (6) mit dem Azimutlager (7) verbunden ist.

11. Getriebe nach einem der Ansprüche 7 bis 10, da-
durch gekennzeichnet, daß eine Bremse (25) im Getrie-
begehäuse (20) angeordnet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

35

1. Getriebe für eine Windkraftanlage, die einen Rotor-
blätter (3) tragenden Rotor (1) und einen Generator (6)
umfaßt und über ein Azimutlager (7) auf einen Turm
(27) aufgesetzt ist, wobei das Getriebe als zweistufiges
Planetengetriebe mit einer Antriebsstufe (4) und einer
Abtriebsstufe (5) ausgebildet ist und die Antriebsstufe
(4) des Planetengetriebes direkt mit dem Rotor (1) ver-
bunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die An-
triebsstufe (4) mit einer Doppelschrägverzahnung und
die Abtriebsstufe (5) mit schrägverzahnnten Stufenpla-
neten ausgeführt ist.

2. Getriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß der Planetenträger (10) der Antriebsstufe (4) in
dem Getriebegehäuse (20) über zwei Großwälzlager
(21) gelagert ist, die gleichzeitig der Lagerung der Ro-
tors (1) dienen.

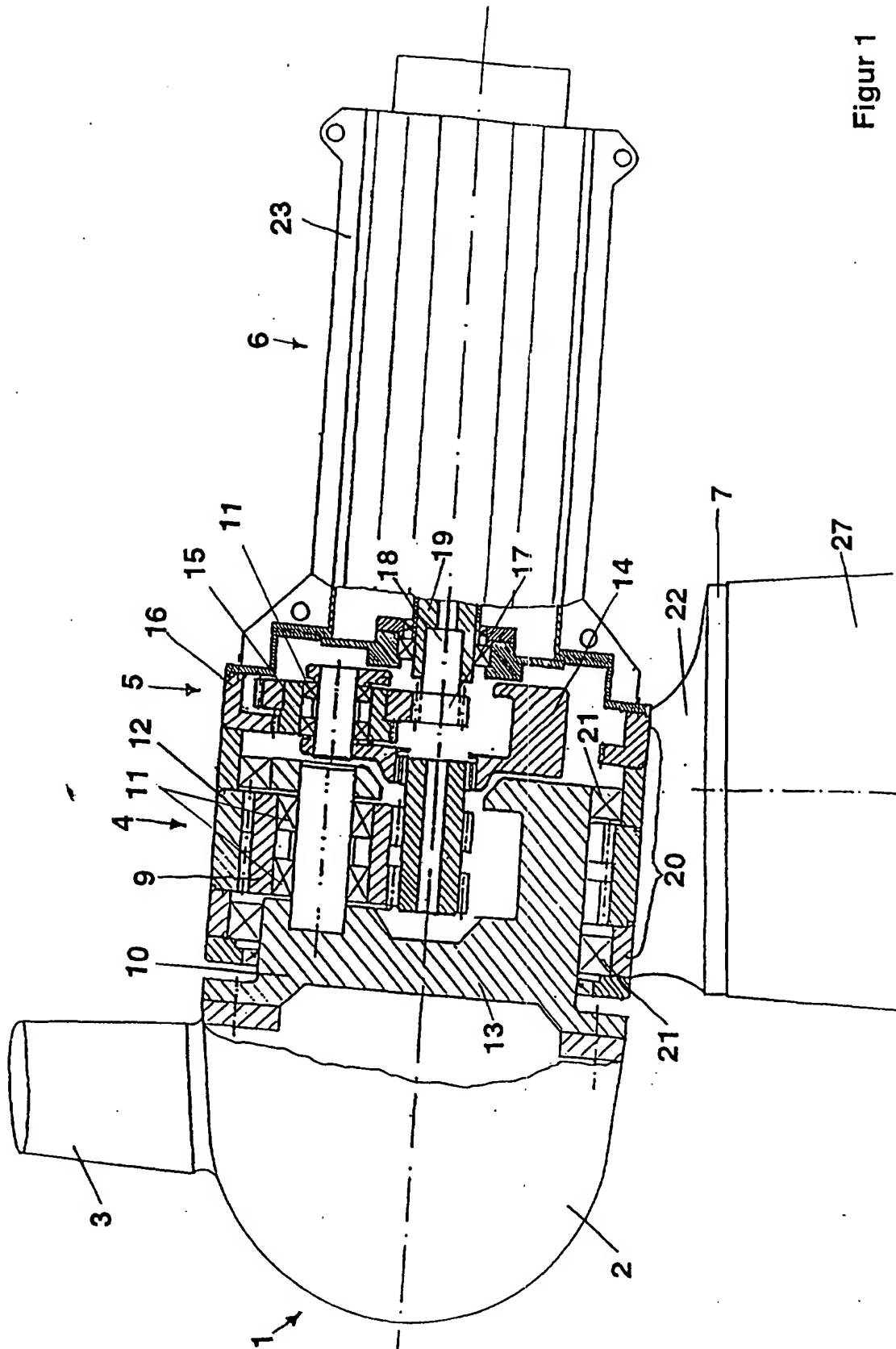
3. Getriebe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß das Sonnenrad (13) der Antriebsstufe (4)
drehfest und einstellbeweglich in dem Planetenträger
(14) der Abtriebsstufe (5) gelagert ist und daß der Pla-
netenträger (14) der Abtriebsstufe (5) einstellbeweg-
lich ausgeführt und nur von den Verzahnungskräften
gehalten ist.

4. Getriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
gekennzeichnet, daß das Sonnenrad (17) der Abtriebs-
stufe (5) direkt mit der Welle (19) des Generators (6)
verbunden ist.

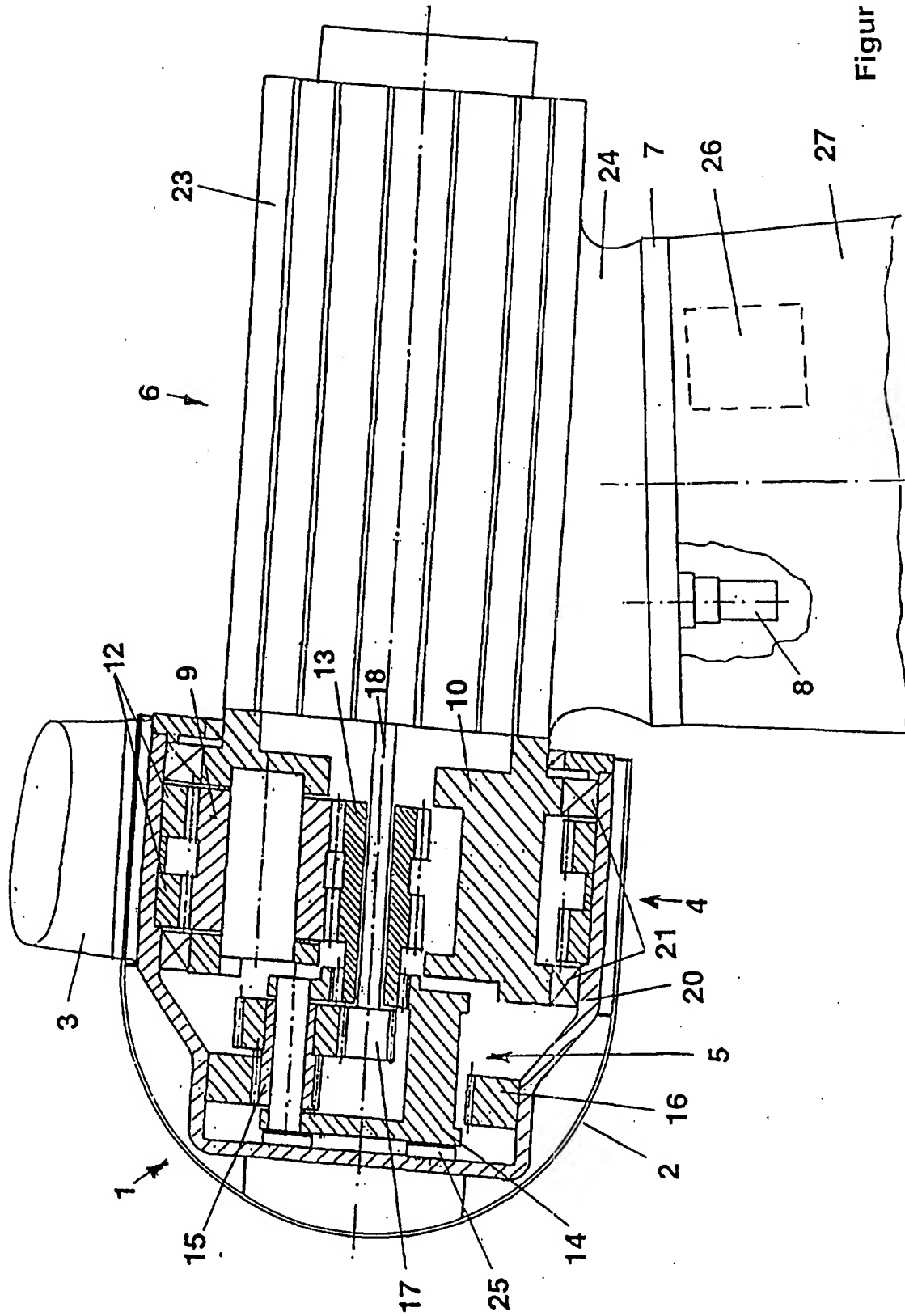
5. Getriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
gekennzeichnet, daß der Planetenträger (10) der An-
triebsstufe (4) mit der Rotornabe (2) verbunden ist.

6. Getriebe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
daß das Getriebegehäuse (20) mit dem Gehäuse (23)

- Leerseite -



Figur 1



Figur 2